

PRODUCTION OF PHASE-SHIFT MASK

Patent number: JP7020625
Publication date: 1995-01-24
Inventor: SUGAWARA MINORU
Applicant: SONY CORP
Classification:
- **international:** G03F1/08; H01L21/027; G03F1/08; H01L21/02; (IPC1-7):
G03F1/08; H01L21/027
- **european:**
Application number: JP19930191623 19930706
Priority number(s): JP19930191623 19930706

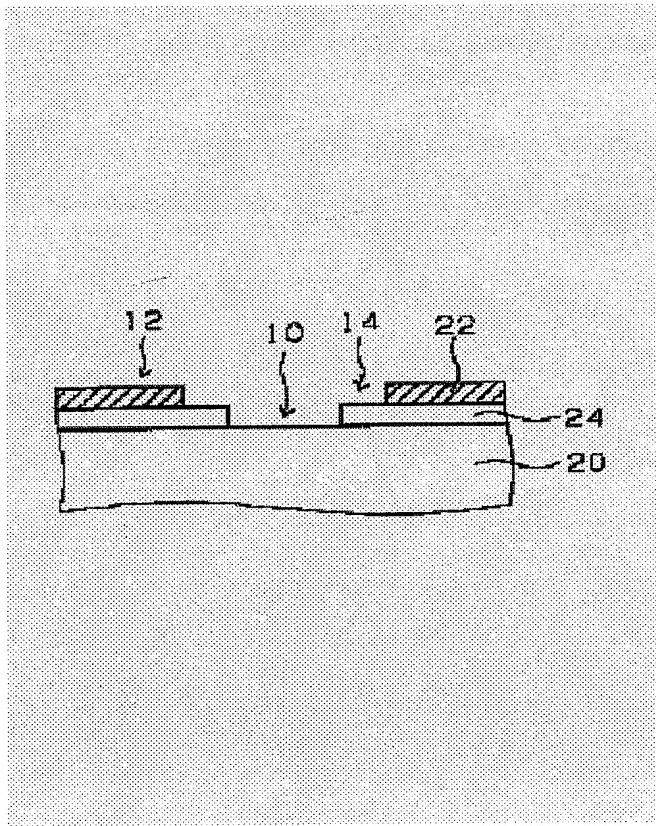
[Report a data error here](#)

Abstract of JP7020625

PURPOSE: To produce a phase-shift mask capable of easily forming a resist pattern of desired size without using an antistatic layer or without correcting a mutual proximity effect in the rim or auxiliary-pattern phase-shift mask.

CONSTITUTION: A phase-shift mask consisting of a substrate 20, the light transmitting region 10 and light shielding region 12 formed on the substrate 20 and a region 14 for transmitting a light having a phase different from that of the light transmitted through the region 10 is produced as follows.

Namely, (a) the light transmitting region 10 and the light shielding region 12 having a light shielding layer 22 consisting of a conductive material are formed on the substrate 20, and (b) the region 14 for transmitting a light having a phase different from that of the light transmitted through the region 10 is formed in the part of the region 12 adjacent or close to the region 10.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-20625

(43)公開日 平成7年(1995)1月24日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 3 F 1/08
H 0 1 L 21/027

識別記号 A

序内整理番号
7352-4M
7352-4M

F I

H 0 1 L 21/ 30
5 0 2 P
5 2 8

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 FD (全15頁)

(21)出願番号 特願平5-191623

(22)出願日 平成5年(1993)7月6日

(71)出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(72)発明者 菅原 稔
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内
(74)代理人 弁理士 山本 孝久

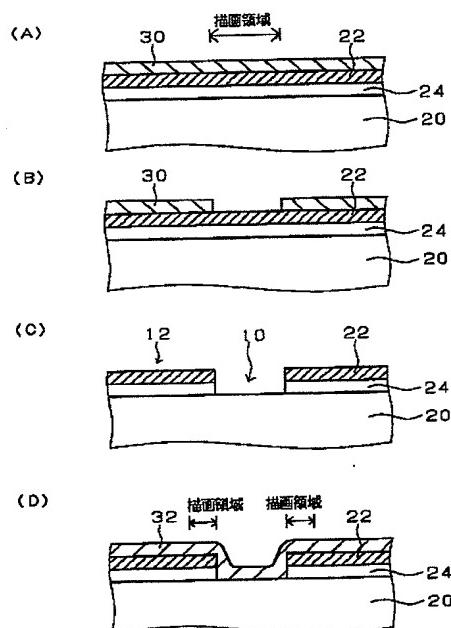
(54)【発明の名称】 位相シフトマスクの作製方法

(57)【要約】

【目的】リム方式あるいは補助パターン方式の位相シフトマスクにおいて、帯電防止層を用いることなく且つ相互近接効果補正をすることなく、所望の寸法のレジストパターンを容易に形成できる位相シフトマスクの作製方法を提供する。

【構成】基板20、並びに基板20に形成された、光透過領域10、遮光領域12、及び光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域14から成る位相シフトマスクの作製方法は、(イ)基板20に、光透過領域10、及び導電性材料から成る遮光層22を有する遮光領域12を形成する工程と、(ロ)光透過領域10に隣接あるいは近接した遮光領域12の部分に、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域14を形成する工程から成る。

【実施例-1の位相シフトマスクの作製工程】



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】基板、並びに該基板に形成された、光透過領域、遮光領域、及び光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域から成る位相シフトマスクの作製方法であって、

(イ) 基板に、光透過領域、及び導電性材料から成る遮光層を有する遮光領域を形成する工程と、

(ロ) 該光透過領域に隣接しあるいは近接した遮光領域の部分に、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域を形成する工程、から成ることを特徴とする位相シフトマスクの作製方法。

【請求項2】前記(ロ)の工程は、光透過領域及び遮光領域上に電子線に感光するレジスト層を形成した後、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域を形成するために10kV以下の加速電圧の電子線で該レジスト層を描画する工程を含むことを特徴とする請求項1に記載の位相シフトマスクの作製方法。

【請求項3】基板、並びに該基板に形成された、光透過領域、遮光領域、及び光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域から成る位相シフトマスクの作製方法であって、

(イ) 基板に、導電性材料から成る遮光層を有する遮光領域、及び光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域を形成し、併せて、該領域に近接した領域に導電性材料から成る遮光層を有する光透過領域形成予定領域を形成する工程と、

(ロ) 該光透過領域形成予定領域に、光透過領域を形成する工程、から成ることを特徴とする位相シフトマスクの作製方法。

【請求項4】前記(ロ)の工程は、遮光領域、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域、及び光透過領域形成予定領域上に電子線に感光するレジスト層を形成した後、光透過領域を形成するために10kV以下の加速電圧の電子線で該レジスト層を描画する工程を含むことを特徴とする請求項3に記載の位相シフトマスクの作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば、半導体装置製造工程において各種パターン形成技術等に用いられる、位相シフトマスクの作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の製造におけるパターン転写工程、所謂リソグラフィ工程で使用されるフォトマスクは、フォトマスク上のパターン形状をウエハ上に形成されたレジスト材料に転写するために用いられる。半導体装置等におけるパターン加工の寸法は年々微細化している。そして、遮光領域と光透過領域とから構成されたパターン領域のみを備えた従来型のフォトマスクでは、リソグラフィ工程で使用する露光装置の露光光の波長程度

2

の解像度を得ることができず、半導体装置等の製造において要求される解像度を得ることが困難になりつつある。そこで、近年、このような従来型のフォトマスクに替わって、光の位相を異ならせる位相シフト領域を具備した、所謂位相シフトマスクが用いられるようになってきている。位相シフトマスクを用いることによって、従来型のフォトマスクでは形成不可能な微細パターンの形成が可能である。

【0003】ウエハ上に形成されたレジスト材料にコンタクトホールに代表される孤立パターンを形成するために、リム方式位相シフトマスクあるいは補助パターン方式位相シフトマスクと呼ばれる位相シフトマスクが検討されている。

【0004】リム方式位相シフトマスクは、図18の(C)に模式的な一部切断図にて示すように、基板20に形成された、凹部から成る光透過領域10と、遮光領域12と、光透過領域と遮光領域との間に設けられた位相シフト領域14から構成されている。位相シフト領域14における基板20の厚さと、光透過領域10における基板20の厚さが異なる。その結果、光透過領域10を通過する光の位相と、位相シフト領域14を通過する光の位相が、例えば180度、相違する。

【0005】また、補助パターン方式位相シフトマスクは、図20の(C)に示すように、基板20に形成された、凹部から成る光透過領域10と、遮光領域12と、光透過領域10に近接した遮光領域内に設けられた補助パターン領域16から構成される。光透過領域10と補助パターン領域16の間には遮光領域12Aが存在する。補助パターン領域16における基板20の厚さと、光透過領域10における基板20の厚さが異なる。その結果、光透過領域10を通過する光の位相と、補助パターン領域16を通過する光の位相が、例えば180度、相違する。

【0006】従来のリム方式位相シフトマスクの作製方法を、図17及び図18を参照して、以下、説明する。

【0007】先ず、ガラスから成る基板20上に、例えばクロムから成る遮光層22をスパッタリング法にて成膜する。次に、電子線等に感光するレジストを遮光層22上に塗布して感光層30を形成した後(図17の(A)参照)、光透過領域10を形成するために、描画装置からの電子線等により所定の領域を描画し、感光層30を現像する(図17の(B)参照)。

【0008】その後、遮光層22をエッチングし、感光層30を除去する(図17の(C)参照)。光透過領域10を形成すべき領域及び位相シフト領域14を形成すべき領域から遮光層が除去される。

【0009】次に、電子線等に感光するレジストを全面に塗布してレジスト層32を形成し、更にその上に電子線によるチャージアップを防止するために帯電防止層34を塗布する。次に、光透過領域10を形成するため

50

に、描画装置からの電子線等により所定の領域を描画した後(図17の(D)参照)、帯電防止層34及びレジスト層32を現像し、光透過領域10を形成すべき領域から帯電防止層34及びレジスト層32を除去する(図18の(A)参照)。

【0010】その後、光透過領域を形成するために基板20をエッチングして凹部を形成する(図18の(B)参照)。次いで、帯電防止層34及びレジスト層32を除去して、図18の(C)に示すように、光透過領域10、遮光領域12及び位相シフト領域14を具備する構造のリム方式位相シフトマスクが作製される。

【0011】次に、従来の補助パターン方式位相シフトマスクの作製方法を、図19及び図20を参照して、以下、説明する。

【0012】先ず、ガラスから成る基板20上に、例えばクロムから成る遮光層22をスパッタリング法にて成膜する。次に、電子線等に感光するレジストを遮光層22に塗布して感光層30を形成した後(図19の(A)参照)、光透過領域10及び補助パターン領域16を形成するために、描画装置からの電子線等により所定の領域を描画し、感光層30を現像する(図19の(B)参照)。

【0013】次いで、遮光層22をエッチングし、感光層30を除去して、図19の(C)に示す構造を得る。光透過領域10を形成すべき領域及び補助パターン領域16を形成すべき領域から遮光層が除去される。

【0014】その後、電子線等に感光するレジストを塗布してレジスト層32を形成し、その上に帯電防止層34を塗布し、光透過領域を形成するために、描画装置からの電子線等により所定の領域を描画した後(図19の(D)参照)、帯電防止層34及びレジスト層32を現像し、光透過領域10を形成すべき領域から帯電防止層34及びレジスト層32を除去する(図20の(A)参照)。

【0015】次いで、光透過領域10を形成するためにエッチングにより基板20に凹部を形成した後(図20の(B)参照)、帯電防止層34及びレジスト層32を除去して、図20の(C)に示すような、光透過領域10、遮光領域12、及び光透過領域10に近接した遮光領域内に設けられた補助パターン領域16の構造を有する補助パターン方式位相シフトマスクが作製される。

【0016】尚、図18の(C)あるいは図20の(C)に示した位相シフトマスクの変形例が各種あるが、いずれの位相シフトマスクにおいても、遮光層を加工して、遮光領域及び位相シフト領域あるいは補助パターン領域を形成し、しかる後に光透過領域を形成する製造工程には変わりがない。即ち、従来の位相シフトマスクの作製方法の工程を纏めると、以下のとおりとなる。

(A) 基板上に、導電性材料から成る遮光層22を有する遮光領域12、及び位相シフト領域14あるいは補助

パターン領域16を形成し、併せて、該位相シフト領域14あるいは補助パターン領域16に隣接あるいは近接した領域に、遮光層が除去された光透過領域形成予定領域を形成する。次いで、(B)光透過領域形成予定領域に、光透過領域10を形成する。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】ところが、電子線による描画を用いて位相シフトマスクを作製する従来の位相シフトマスクの製造方法には、以下に述べる欠点がある。リム方式位相シフトマスクにおいては、例えば図17の(D)に示すように、また、補助パターン方式位相シフトマスクにおいては、図19の(D)に示すように、電子線による描画領域は、導電性のないガラス等から成る基板20上に設定される。その結果、電子線による描画の際、電子線によってチャージアップが生じ、レジストパターンが形成できない。

【0018】チャージアップを防ぐために、図17の(D)あるいは図19の(D)に示すようにレジスト層32上に帯電防止層34を塗布したり、あるいは遮光層22と基板20との間に帯電防止層を形成する。これによって、レジストパターンの形成は可能となる。しかしながら、レジスト層32上に帯電防止層34を塗布する場合、帯電防止層34の材質に起因してレジスト層32の材料選択に著しい制約が生じ、場合によっては所望の微細パターンを形成するために適したレジストを選択できないという問題がある。また、遮光層22と基板20との間に帯電防止層を形成する場合、紫外線による露光において遮光領域の振幅透過率が著しく劣化するという甚だしい欠点がある。また、いずれの場合においても、帯電防止層を形成するので、位相シフトマスクの製造コストが増大するという欠点がある。

【0019】補助パターン方式位相シフトマスクにおいて、補助パターン領域16の寸法は $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。従って、図19の(A)に示す工程において、電子線描画における描画領域は極めて近接して設定される。その結果、近接した描画領域間の入射電子線の相互の散乱(所謂、電子線による相互近接効果)が発生する。具体的には、感光層30を透過した電子が遮光層22によって反射され、電子の後方散乱現象が生じる。この後方散乱された電子によって感光層30が感光してしまい、レジストパターン寸法の所望の値からのずれ量が大きくなり、甚だしい場合には、所望のレジストパターンが形成できなくなる。

【0020】従って、近接した描画領域間の電子の後方散乱現象を考慮した補正(所謂、相互近接効果補正)が、所望の寸法のレジストパターンを形成するためには不可欠である。即ち、例えば、先ず、光透過領域形成予定領域を所定の電子線照射量にて描画した後、それより少ない電子線照射量にて補助パターン領域形成予定領域を描画する。このような電子線照射量の制御(補正)を相

互近接効果補正と呼ぶ。ところが、描画領域が極めて近接しているために、補正を行ったとしても所望の寸法のレジストパターンを制御良く形成することは甚だ困難である。

【0021】また、相互近接効果補正を行うと、コンピュータによる描画データの準備、作成に多大な時間を要し、位相シフトマスクの製造コストを著しく増加させるという問題もある。

【0022】いずれにおいても、従来の位相シフトマスク作製方法では所望のパターン寸法を具備する位相シフトマスクを、容易且つ低成本で作製することは困難であった。

【0023】従って、本発明の目的は、リム方式あるいは補助パターン方式の位相シフトマスクにおいて、帯電防止層を用いることなく且つ相互近接効果補正をすることなく、所望の寸法のレジストパターンを容易に形成できる、位相シフトマスクの作製方法を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、基板、並びに基板に形成された、光透過領域、遮光領域、及び光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域から成る位相シフトマスクの作製方法であって、(イ)基板に、光透過領域、及び導電性材料から成る遮光層を有する遮光領域を形成する工程と、(ロ)光透過領域に隣接しあるいは近接した遮光領域の部分に、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域を形成する工程、から成ることを特徴とする本発明の第1の態様に係る位相シフトマスクの作製方法によって達成することができる。

【0025】この場合、前記(ロ)の工程は、光透過領域及び遮光領域上に電子線に感光するレジスト層を形成した後、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域を形成するため10kV以下の加速電圧の電子線でレジスト層を描画する工程を含むことが望ましい。

【0026】更に、上記の目的は、基板、並びに基板に形成された、光透過領域、遮光領域、及び光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域から成る位相シフトマスクの作製方法であって、(イ)基板に、導電性材料から成る遮光層を有する遮光領域、及び光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域を形成し、併せて、この領域に近接した領域に導電性材料から成る遮光層を有する光透過領域形成予定領域を形成する工程と、(ロ)この光透過領域形成予定領域に、光透過領域を形成する工程、から成ることを特徴とする本発明の第2の態様に係る位相シフトマスクの作製方法によって達成することができる。

【0027】この場合、前記(ロ)の工程は、遮光領域、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を

通過させる領域、及び光透過領域形成予定領域上に電子線に感光するレジスト層を形成した後、光透過領域を形成するために10kV以下の加速電圧の電子線でレジスト層を描画する工程を含むことが望ましい。

【0028】

【作用】本発明の位相シフトマスクの作製方法においては、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域を、導電性材料から成る遮光層を有する遮光領域の部分に形成する。あるいは又、導電性材料から成る遮光層を有する光透過領域形成予定領域に光透過領域を形成する。従って、この光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域、あるいは又、光透過領域を電子線によるレジスト層の描画にて形成する場合、導電性の無い基板がチャージアップすることを防止でき、正確にレジスト層にレジストパターンを形成することができる。更に、帯電防止層を塗布又は形成する必要がないために、位相シフトマスクの作製が容易になる。

【0029】また、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域と、光透過領域とを別の電子線描画工程にて形成するので、電子線描画における描画領域が近接することなく、相互近接効果補正を行うことなく正確な寸法のレジストパターンを形成することができる。

【0030】遮光層が存在する領域と存在しない領域との境界においては、遮光層を通過するような加速電圧の電子線を用いた場合、遮光層を通過した電子によって基板の表面が帯電する。その結果、電界が生成し、電子線ビームが曲げられ、所望のレジストパターンを形成できなくなるという現象が発生する。

【0031】光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域を形成するために、あるいは光透過領域を形成するために、10kV以下の加速電圧の電子線でレジスト層を描画すれば、電子線が遮光層を通過して基板の表面に達することがなく、このような電子線ビームが曲げられるという現象を抑制することができ、レジスト層に所望のレジストパターンを形成することができる。

【0032】

【実施例】以下、図面を参照して、実施例に基づき本発明を説明する。実施例-1～実施例-4は、本発明の第1の態様に係る位相シフトマスクの作製方法に関する。尚、実施例-1及び実施例-2は、リム方式位相シフトマスクの作製に適用した例であり、実施例-3及び実施例-4は、補助パターン方式位相シフトマスクの作製に適用した例である。また、実施例-5及び実施例-6は、本発明の第2の態様に係る位相シフトマスクの作製方法に関する。補助パターン方式位相シフトマスクの作製に適用した例である。尚、図面において、同一参照番号は同一要素を意味する。

【0033】ウェハ上に形成されたレジスト材料に対して露光光により転写パターン形状等を形成するとき、縮小投影に使用されるものをレティクル、一対一投影に使用されるものをマスクと称したり、あるいは原盤に相当するものをレティクル、それを複製したものをマスクと称したりすることがあるが、本明細書においては、このような種々の意味におけるレティクルやマスクを総称してマスクと呼ぶ。

【0034】(実施例-1) 実施例-1は、本発明の第1の態様に係る位相シフトマスクの作製方法をリム方式位相シフトマスクの作製に適用した例である。

【0035】実施例-1の位相シフトマスクの作製方法によって作製された位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図1に示す。この位相シフトマスクは、基板20、並びに基板20に形成された、光透過領域10、遮光領域12、及び光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域(実施例-1及び実施例-2においては、位相シフト領域14と呼ぶ)から成る。位相シフト領域14は、基板20上に形成された例えばSOG(スピンドルオングラス)から成る位相シフト層24から構成されている。また、遮光領域12は、基板20上に形成されたSOGから成る位相シフト層24、及びその上に形成された遮光層22から構成されている。遮光層22の厚さは、露光光を確実に遮光し得る厚さであり、通常100nm程度である。

【0036】光透過領域10と通過する光の位相と、位相シフト領域14を通過する光の位相は、例えば180度ずれている。位相シフト層24の厚さdは、露光光の波長λ、位相シフト層を構成する材料の屈折率nとした場合、 $d = \lambda / (2(n - 1))$ を満足する値である。

【0037】以下、実施例-1における位相シフトマスクの作製方法を、図2及び図3を参照して説明する。尚、以下の各実施例においては、レジストとしてポジ型レジストを用いる。この実施例-1においては、【工程-100】～【工程-120】にて、基板20に、光透過領域10、及び導電性材料から成る遮光層22を有する遮光領域12が形成される。また、【工程-130】及び【工程-140】にて、光透過領域に隣接した遮光領域の部分に、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域(位相シフト領域14)が形成される。

【0038】【工程-100】例えば石英から成る基板20上に、例えばSOGから成る位相シフト層24を塗布法にて形成した後、例えばクロム等の導電性材料から成る遮光層22をスパッタリング法にて位相シフト層24の上に成膜する。その後、遮光層22上に電子線に感光するレジストを塗布して感光層30を形成し、図2の(A)に示す構造を得る。

【0039】【工程-110】次に、描画装置からの電

子線による第1の描画工程において、図2の(A)に示す描画領域を設定し、加速電圧20kVの電子線による描画を行い、感光層30に所望のレジストパターンを形成する。尚、この描画領域は光透過領域に相当する。その後、感光層30の現像工程を経て図2の(B)に示す構造を得る。

【0040】【工程-120】次いで、反応性イオンエッチング法を用いて塩素及び酸素の混合ガスで導電性材料から成る遮光層22をエッチングし、更に、四フッ化炭素及び酸素の混合ガスによるプラズマ中で位相シフト層24をエッチングした後、感光層30を剥離する(図2の(C)参照)。これによって、遮光層22及び位相シフト層24を有する遮光領域12が形成される。また、位相シフト層24及び遮光層22が除去された光透過領域10が形成される。

【0041】【工程-130】その後、電子線で感光するレジストを光透過領域10及び遮光領域12上の全面に塗布してレジスト層32を形成した後(図2の(D)参照)、図2の(D)に示すような描画領域を設定する。この描画領域は、光透過領域10に隣接した遮光領域12の部分であり、位相シフト領域を形成すべき領域に相当する。そして、基板20のチャージアップを防止するために、入射電子が全てレジスト層32中に吸収されるような加速電圧、例えばレジスト層32の厚さが1.0μmであれば9.0kV、また、例えばレジスト層32の厚さが0.5μmであれば6.5kVの加速電圧の電子線にて第2の描画工程を実行する。これによって、レジスト層32に所望のレジストパターンを形成することができる。

【0042】【工程-140】次いで、レジスト層32の現像工程(図3の(A)参照)、塩素ガス及び酸素の混合ガスによるプラズマ中での遮光層22のエッチング工程(図3の(B)参照)、レジスト層32の剥離工程を経て、最終的に図1に示した構造の位相シフトマスクを得ることができる。

【0043】実施例-1において、【工程-100】(図2の(A)参照)あるいは【工程-130】(図2の(D)参照)における描画領域は、いずれもクロム等の導電性材料から成る遮光層22上に限定されている。

40 従って、電子線によるチャージアップの影響がなく、感光層30やレジスト層32に良好なる所望の寸法のレジストパターンを形成することができる。

【0044】遮光層22が存在する領域と存在しない領域との境界においては、遮光層22及び位相シフト層24を通過するような加速電圧の電子線を用いた場合、遮光層22及び位相シフト層24を通過した電子によって基板20の表面が帶電する。その結果、電界が生成し、電子線ビームが曲げられ、所望のレジストパターンを形成できなくなるという現象が発生する。

50 【0045】然るに、【工程-130】においては、電

子線ビームの加速電圧が低く設定されているために、電子線が遮光層22及び位相シフト層24を通過して基板20の表面に達することができなく、このような電子線ビームが曲げられるという現象を抑制することができ、レジスト層32に所望のレジストパターンを形成することができる。

【0046】尚、実施例-1において、【工程-130】(図2の(D)参照)における描画領域は、例えば248nmの露光波長により、解像限界に近い0.3μm寸法のコンタクトホールパターンをウェハ上に形成されたレジスト材料に形成する場合においても、位相シフトマスクを5倍レディクルとすれば、位相シフトマスク上で2.2μm離れており、相互近接効果補正を行う必要はない。

【0047】(実施例-2)実施例-2は、実施例-1の変形である。図4に模式的な一部切断図を示す実施例-2の位相シフトマスクは、実施例-1と異なり、光透過領域10が基板20に形成された凹部から成る。凹部の深さd'を、 $d' = \lambda / (2(n' - 1))$ とすれば、位相シフト領域14を通過した光の位相と、光透過領域10を通過した光の位相は、180度変化する。尚、λは露光光の波長、n'は基板を構成する材料の屈折率である。遮光領域12は、基板20上に形成された遮光層22から構成されている。遮光層22の厚さは、露光光を確実に遮光し得る厚さである。

【0048】以下、実施例-2の位相シフトマスクの作製方法を、図5及び図6を参照して説明する。この実施例-2においては、【工程-200】～【工程-220】にて、基板20に、光透過領域10、及び導電性材料から成る遮光層22を有する遮光領域12が形成される。また、【工程-230】及び【工程-240】にて、光透過領域に隣接した遮光領域の部分に、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域(位相シフト領域14)が形成される。

【0049】【工程-200】例えば石英から成る基板20上に、例えばクロム等の導電性材料から成る遮光層22をスパッタリング法にて成膜した後、遮光層22上にレジストを塗布して感光層30を形成する(図5の(A)参照)。

【0050】【工程-210】次に、描画装置からの電子線による第1の描画工程において、図5の(A)に示すような描画領域を設定し、加速電圧20kVの電子線による描画を行い、その後、感光層30の現像工程を行う(図5の(B)参照)。描画領域は、光透過領域に相当する。

【0051】【工程-220】次いで、反応性イオンエッチングを用いて塩素及び酸素の混合ガスで遮光層22をエッチングし、更に、四フッ化炭素及び酸素の混合ガスによるプラズマ中で基板20をエッチングして凹部を形成する。その後、感光層30を剥離する(図5の

(C)参照)。これによって、遮光層22を有する遮光領域12が形成され、基板20に設けられた凹部から成る光透過領域10が形成される。

【0052】【工程-230】次に、光透過領域10及び遮光領域12上の全面に電子線に感光するレジストを塗布してレジスト層32を形成する(図5の(D)参照)。そして、図5の(D)に示すような描画領域を設定する。この描画領域は、光透過領域10に隣接した遮光領域12の部分であり、位相シフト領域を形成すべき領域に相当する。チャージアップを防止するために、実施例-1の【工程-130】にて説明した加速電圧の電子線で第2の描画工程を実行する。これによって、レジスト層32に所望のレジストパターンを形成することができる。

【0053】【工程-240】その後、レジスト層32の現像(図6の(A)参照)、塩素ガス及び酸素の混合ガスによるプラズマ中での遮光層22のエッチング工程(図6の(B)参照)、レジスト層32の剥離工程を経て、最終的に図4に示した構造の位相シフトマスクを得ることができる。

【0054】実施例-2においても、【工程-200】(図5の(A)参照)あるいは【工程-230】(図5の(D)参照)における描画領域は、いずれもクロム等の導電性材料から成る遮光層22上に限定されている。従って、電子線によるチャージアップの影響がなく、感光層30やレジスト層32に良好なる所望の寸法のレジストパターンを形成することができる。また、【工程-230】における電子線の加速電圧を低電圧にすることによって、実施例-1と同様に、レジスト層32に正確に描画されたレジストパターンを形成することができる。

【0055】(実施例-3)実施例-3は、本発明の第1の態様に係る位相シフトマスクの作製方法を補助パターン方式位相シフトマスクの作製に適用した例である。

【0056】実施例-3の位相シフトマスクは、図7に模式的な一部切断図を示すように、基板20、並びに基板20に形成された、光透過領域10、遮光領域12、及び光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域(実施例-3～実施例-6においては、補助パターン領域16と呼ぶ)から成る。補助パターン領域16は、基板20上に形成された例えばSOGから成る位相シフト層24から構成されている。また、遮光領域12は、基板20上に形成されたSOGから成る位相シフト層24、及びその上に形成された遮光層22から構成されている。遮光層22の厚さは、露光光を確実に遮光し得る厚さである。補助パターン領域16と光透過領域10との間には遮光領域12Aが存在する。

【0057】光透過領域10を通過した光の位相と、補助パターン領域16を通過した光の位相は、例えば180度ずれている。位相シフト層24の厚さdは、 $d = \lambda$

11

$\lambda / (2(n-1))$ を満足する値である。

【0058】以下、実施例-3における位相シフトマスクの作製方法を、図2及び図8を参照して説明する。この実施例-3においては、【工程-300】にて、基板20に、光透過領域10、及び導電性材料から成る遮光層22を有する遮光領域12が形成される。また、【工程-310】及び【工程-320】にて、光透過領域に近接した遮光領域の部分に、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域（補助パターン領域16）が形成される。

【0059】【工程-300】実施例-1の【工程-100】～【工程-120】と同様の工程を実施する。即ち、基板20上に位相シフト層24を形成した後、その上に遮光層22を形成し、次いで、遮光層22上にレジストを塗布して感光層30を形成する（図2の（A）参照）。次に、描画装置からの電子線による第1の描画工程において加速電圧20kVの電子線による描画を行い、所望のレジストパターンを形成する。その後、感光層30の現像工程を行う（図2の（B）参照）。更に、反応性イオンエッティング法を用いて塩素及び酸素の混合ガスで導電性材料から成る遮光層22をエッティングし、引き続き、四フッ化炭素及び酸素の混合ガスによるプラズマ中で位相シフト層24をエッティングした後、感光層30を剥離して、図2の（C）に示す構造を得ることができる。これによって、遮光領域12が形成される。また、位相シフト層24及び遮光層22が除去された光透過領域10が形成される。

【0060】【工程-310】次いで、光透過領域10及び遮光領域12上の全面に電子線に感光するレジストを塗布してレジスト層32を形成した後（図8の（A）参照）、図8の（A）に示すような描画領域を設定する。この描画領域は、光透過領域10に近接した遮光領域12の部分であり、補助パターン領域を形成すべき領域に相当する。そして、チャージアップを防止するために、実施例-1の【工程-130】と同様の加速電圧条件で電子線にて第2の描画工程を実行する。これによって、レジスト層32に所望のレジストパターンを形成することができる。

【0061】【工程-320】次いで、レジスト層32の現像工程（図8の（B）参照）、塩素ガス及び酸素の混合ガスによるプラズマ中の遮光層22のエッティング工程（図8の（C）参照）、レジスト層32の剥離工程を経て、最終的に図7に示した構造の位相シフトマスクを得ることができる。

【0062】実施例-3においても、【工程-300】（図2の（A）参照）あるいは【工程-310】（図8の（A）参照）における描画領域は、いずれもクロム等の導電性材料から成る遮光層22上に限定されている。従って、電子線によるチャージアップの影響がなく、感光層30やレジスト層32に良好なる所望の寸法のレジ

12

ストパターンを形成することができる。また、【工程-310】における電子線の加速電圧を低電圧にすることによって、実施例-1と同様に、レジスト層32に正確に描画されたレジストパターンを形成することができる。また、【工程-310】（図8の（A）参照）における描画領域は、例えば248nmの露光波長により、解像限界に近い0.3μm寸法のコンタクトホールパターンをウエハ上に形成されたレジスト材料に形成する場合においても、位相シフトマスクを5倍レティクルとすれば、位相シフトマスク上で3.5μm離れており、相互近接効果補正を行う必要はない。

【0063】（実施例-4）実施例-4は実施例-3の变形であり、図9に模式的な一部切断図を示す。実施例-4の位相シフトマスクは、実施例-3と異なり、光透過領域10が基板20に形成された凹部から成る。光透過領域10の凹部の深さd'を、 $d' = \lambda / (2(n'-1))$ とすれば、補助パターン領域16を通過した光の位相と、光透過領域10を通過した光の位相は、180度変化する。遮光領域12は、基板20上に形成された遮光層22から構成されている。遮光層22の厚さは、露光光を確実に遮光し得る厚さである。補助パターン領域16と光透過領域10との間には、遮光領域12Aが存在する。

【0064】以下、実施例-4における位相シフトマスクの作製方法を、図5及び図10を参照して説明する。この実施例-4においては、【工程-400】にて、基板20に、光透過領域10、及び導電性材料から成る遮光層22を有する遮光領域12が形成される。また、【工程-410】及び【工程-420】にて、光透過領域に近接した遮光領域の部分に、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域（補助パターン領域16）が形成される。

【0065】【工程-400】先ず、実施例-2の【工程-200】～【工程-220】を実施する。即ち、基板20上に遮光層22を形成した後、遮光層22上にレジストを塗布して感光層30を形成する（図5の（A）参照）。次に、描画装置からの電子線による第1の描画工程において加速電圧20kVの電子線による描画を行い、その後、感光層30の現像工程を行う（図5の（B）参照）。次いで、反応性イオンエッティングを用いて塩素及び酸素の混合ガスで遮光層22をエッティングし、更に、四フッ化炭素及び酸素の混合ガスによるプラズマ中で基板20をエッティングして凹部を形成する。その後、感光層30を剥離する（図5の（C）参照）。これによって、遮光領域12が形成され、基板20に設けられた凹部から成る光透過領域10が形成される。

【0066】【工程-410】次いで、光透過領域10及び遮光領域12上の全面に電子線に感光するレジストを塗布してレジスト層32を形成した後（図10の（A）参照）。図10の（A）に示すような描画領域を

50

設定する。この描画領域は、光透過領域10に近接した遮光領域12の部分であり、補助バターン領域を形成すべき領域に相当する。そして、チャージアップを防止するため、実施例-1の【工程-130】と同様の加速電圧条件で電子線にて第2の描画工程を実行する。これによって、レジスト層32に所望のレジストパターンを形成することができる。

【0067】【工程-420】その後、レジスト層32の現像(図10の(B)参照)、塩素ガス及び酸素の混合ガスによるプラズマ中の遮光層22のエッチング工程(図10の(C)参照)、レジスト層32の剥離工程を経て、最終的に図9に示した構造の位相シフトマスクを得ることができる。

【0068】実施例-4においても、【工程-400】(図5の(A)参照)あるいは【工程-410】(図10の(A)参照)における描画領域は、いずれもクロム等の導電性材料から成る遮光層22上に限定されている。従って、電子線によるチャージアップの影響がなく、感光層30やレジスト層32に良好なる所望の寸法のレジストパターンを形成することができる。また、【工程-410】における電子線の加速電圧を低電圧にすることによって、実施例-1と同様に、レジスト層32に正確に描画されたレジストパターンを形成することができる。

【0069】(実施例-5)実施例-5は、本発明の第2の態様に係る位相シフトマスクの作製方法を補助バターン方式位相シフトマスクの作製に適用した例である。

【0070】実施例-5の位相シフトマスクの構造は、実施例-3の変形である。図11に模式的な一部切断図を示すように、実施例-5の位相シフトマスクにおいては、光透過領域10が基板上に形成された位相シフト層24から構成されており、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域(補助バターン領域16)には位相シフト層が形成されていない。この点が、実施例-3とは異なる。実施例-5の位相シフトマスクにおいても、光透過領域10を通過した光の位相と、補助バターン領域16を通過した光の位相とは、例えば180度ずれている。位相シフト層24は例えばSOGからなり、その厚さdは、 $d = \lambda / (2(n-1))$ を満足する値である。

【0071】以下、実施例-5における位相シフトマスクの作製方法を、図12及び図13を参考して説明する。この実施例-5においては、【工程-500】～【工程-520】にて、基板20に、導電性材料から成る遮光層22を有する遮光領域12、及び光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域(補助バターン領域16)を形成し、併せて、補助バターン領域16に近接した領域に導電性材料から成る遮光層22を有する光透過領域形成予定領域10Aを形成する。また、【工程-530】及び【工程-540】に

て、光透過領域形成予定領域10Aに、光透過領域10を形成する。

【0072】【工程-500】例えば石英から成る基板20上に、例えばSOGから成る位相シフト層24を塗布法にて形成した後、例えばクロム等の導電性材料から成る遮光層22をスパッタリング法にて位相シフト層24の上に成膜する。その後、遮光層22上にレジストを塗布して感光層30を形成し、図12の(A)に示す構造を得る。

【0073】【工程-510】次に、描画装置からの電子線による第1の描画工程において、図12の(A)に示す描画領域を設定し、加速電圧20kVの電子線による描画を行い、感光層30に所望のレジストパターンを形成する。この描画領域は、補助バターン領域に相当する。その後、感光層30の現像工程を経て図12の(B)に示す構造を得る。

【0074】【工程-520】次いで、反応性イオンエッティング法を用いて塩素及び酸素の混合ガスで導電性材料から成る遮光層22をエッチングし、更に、四フッ化炭素及び酸素の混合ガスによるプラズマ中で位相シフト層24をエッチングした後、感光層30を剥離する(図12の(C)参照)。これによって、遮光層22を有する遮光領域12が形成される。また、位相シフト層24及び遮光層22が除去された補助バターン領域16が形成される。併せて、補助バターン領域16に近接した領域に導電性材料から成る遮光層22を有する光透過領域形成予定領域10Aが形成される。

【0075】【工程-530】その後、電子線で感光するレジストを、遮光領域12、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域(補助バターン領域16)、及び光透過領域形成予定領域10A上に塗布してレジスト層32を形成した後(図12の(D)参照)、図12の(D)に示すような描画領域を設定する。この描画領域は、光透過領域形成予定領域10A内にあり、光透過領域を形成すべき領域に相当する。そして、基板20のチャージアップを防止するために、入射電子が全てレジスト層32中に吸収されるような加速電圧、例えばレジスト層32の厚さが1.0μmであれば9.0kV、また、例えばレジスト層32の厚さが0.5μmであれば6.5kVの加速電圧の電子線にて第2の描画工程を実行する。これによって、レジスト層32に所望のレジストパターンを形成することができる。

【0076】【工程-540】次いで、レジスト層32の現像工程(図13の(A)参照)、塩素ガス及び酸素の混合ガスによるプラズマ中の遮光層22のエッチング工程(図13の(B)参照)、レジスト層32の剥離工程を経て、最終的に図11に示した構造の位相シフトマスクを得ることができる。

【0077】実施例-5においても、【工程-500】(図12の(A)参照)あるいは【工程-530】(図

12の(D)参照)における描画領域は、いずれもクロム等の導電性材料から成る遮光層22上に限定されている。従って、電子線によるチャージアップの影響がなく、感光層30やレジスト層32に良好なる所望の寸法のレジストパターンを形成することができる。また、

[工程-530]における電子線の加速電圧を低電圧にすることによって、実施例-1と同様に、レジスト層32に正確に描画されたレジストパターンを形成することができる。

【0078】尚、実施例-5において、[工程-500](図12の(A)参照)における描画領域は、例えば248nmの露光波長により、解像限界に近い0.3μm寸法のコンタクトホールパターンをウエハ上に形成されたレジスト材料に形成する場合においても、位相シフトマスクを5倍レティクルとすれば、位相シフトマスク上で3.5μm離れており、相互近接効果補正を行う必要はない。

【0079】(実施例-6)実施例-6も、本発明の第2の態様に係る位相シフトマスクの作製方法を補助パターン方式位相シフトマスクの作製に適用した例である。

【0080】実施例-6は、実施例-4の変形である。図14に模式的な一部切断図を示す実施例-6の位相シフトマスクは、実施例-4と異なり、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域(補助パターン領域16)が基板20に形成された凹部から成る。補助パターン領域16の凹部の深さd'を、 $d' = \lambda / (2(n' - 1))$ とすれば、補助パターン領域16を通過した光の位相と、光透過領域10を通過した光の位相は、180度変化する。遮光領域12は、基板20上に形成された遮光層22から構成されている。遮光層22の厚さは、露光光を確実に遮光し得る厚さである。補助パターン領域16と光透過領域10との間に、遮光領域12Aが存在する。

【0081】以下、実施例-6における位相シフトマスクの作製方法を、図15及び図16を参照して説明する。この実施例-6においては、[工程-600]～[工程-620]にて、基板20に、導電性材料から成る遮光層22を有する遮光領域12、及び光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域(補助パターン領域16)を形成し、併せて、補助パターン領域16に近接した領域に導電性材料から成る遮光層22を有する光透過領域形成予定領域10Aを形成する。また、[工程-630]及び[工程-640]にて、光透過領域形成予定領域10Aに、光透過領域10を形成する。

【0082】[工程-600]例えば石英から成る基板20上に、例えばクロム等の導電性材料から成る遮光層22をスパッタリング法にて成膜した後、遮光層22上にレジストを塗布して感光層30を形成する(図15の(A)参照)。

【0083】[工程-610]次に、描画装置からの電子線による第1の描画工程において、図15の(A)に示すような描画領域を設定し、加速電圧20kVの電子線による描画を行い、その後、感光層30の現像工程を行う(図15の(B)参照)。

【0084】[工程-620]次いで、反応性イオンエッチングを用いて塩素及び酸素の混合ガスで遮光層22をエッチングし、更に、四フッ化炭素及び酸素の混合ガスによるプラズマ中で基板20をエッチングして凹部を形成する。その後、感光層30を剥離する(図15の(C)参照)。これによって、遮光領域12が形成され、基板20に設けられた凹部から成る補助パターン領域16が形成される。併せて、補助パターン領域16に近接した領域に導電性材料から成る遮光層22を有する光透過領域形成予定領域10Aが形成される。

【0085】[工程-630]その後、電子線で感光するレジストを、遮光領域12、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域(補助パターン領域16)、及び光透過領域形成予定領域10A上に塗布してレジスト層32を形成した後(図15の(D)参照)、図15の(D)に示すような描画領域を設定する。この描画領域は、光透過領域形成予定領域10A内にあり、光透過領域を形成すべき領域に相当する。そして、基板20のチャージアップを防止するために、入射電子が全てレジスト層32中に吸収されるような実施例-5にて説明した加速電圧にて、第2の描画工程を実行する。これによって、レジスト層32に所望のレジストパターンを形成することができる。

【0086】[工程-640]次いで、レジスト層32の現像工程(図16の(A)参照)、塩素ガス及び酸素の混合ガスによるプラズマ中での遮光層22のエッチング工程(図16の(B)参照)、レジスト層32の剥離工程を経て、最終的に図14に示した構造の位相シフトマスクを得ることができる。

【0087】実施例-6においても、[工程-600](図15の(A)参照)あるいは[工程-630](図15の(D)参照)における描画領域は、いずれもクロム等の導電性材料から成る遮光層22上に限定されている。従って、電子線によるチャージアップの影響がなく、感光層30やレジスト層32に良好なる所望の寸法のレジストパターンを形成することができる。また、

[工程-630]における電子線の加速電圧を低電圧にすることによって、実施例-1と同様に、レジスト層32に正確に描画されたレジストパターンを形成することができる。

【0088】尚、実施例-6において、[工程-600](図15の(A)参照)における描画領域は、例えば248nmの露光波長により、解像限界に近い0.3μm寸法のコンタクトホールパターンをウエハ上に形成されたレジスト材料に形成する場合においても、位相シ

フトマスクを5倍レディクルとすれば、位相シフトマスク上で3.5 μm離れており、相互近接効果補正を行う必要はない。

【0089】以上、本発明を好ましい実施例に基づき説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。実施例にて説明した条件や数値は例示であり、適宜変更することができる。例えば、各領域における光の位相や描画領域間の距離は例示であり、適宜最適な値あるいは所望の値に変更することができる。

【0090】位相シフトマスクの作製工程で用いた各種材料も適宜変更することができる。遮光層22を構成する材料はクロムに限定されず、タングステン、タングタル、アルミニウムやMoSi₂等の光を適當量遮光することができる材料を用いることができる。また、位相シフト層24は、SOGから構成する代わりに、ポリメチルメタクリレート、フッ化マグネシウム、二酸化チタン、ポリイミド樹脂、二酸化珪素、酸化インジウム、SiO₂、SiN、各種レジスト等、透明な材料であればよい。感光層30やレジスト層32の形成の際、ポジ型レジストの代わりにネガ型レジストを用いてもよい。この場合、電子線描画領域はポジ型レジストの場合と逆になる点が異なる。

【0091】

【発明の効果】本発明の位相シフトマスクの作製方法においては、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域の形成、あるいは光透過領域の形成のために、電子線による感光層やレジスト層への描画を行う際、導電材料から成る遮光層が存在するので、導電性の無い基板がチャージアップすることを防止でき、正確に感光層やレジスト層にレジストパターンを形成することができる。

【0092】また、帯電防止層を塗布又は形成する必要がないために、位相シフトマスクの作製が容易になる。

【0093】更には、光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域と、光透過領域とを、別の電子線描画工程にて形成するので、電子線描画における描画領域が近接することなく、相互近接効果によるレジストパターンの劣化がなく、相互近接効果補正を行うことなく、正確な寸法のレジストパターンを形成することができる。

【0094】光透過領域を通過した光の位相と異なる位相の光を通過させる領域を形成するために、あるいは光透過領域を形成するために、10 kV以下の加速電圧の電子線でレジスト層を描画すれば、電子線が遮光層を通過して基板の表面に達する事なく、電子線ビームが曲げられるという現象を抑制することができ、レジスト層に所望のレジストパターンを形成することができる。

【0095】本発明の位相シフトマスクの作製方法によれば、リム方式位相シフトマスクあるいは補助パターン方式位相シフトマスクを、容易且つ低成本で作製でき

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例-1の位相シフトマスクの模式的な一部切断図である。

【図2】実施例-1の位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

【図3】図2に引き続き、実施例-1の位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

10 【図4】実施例-2の位相シフトマスクの模式的な一部切断図である。

【図5】実施例-2の位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

【図6】図5に引き続き、実施例-2の位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

【図7】実施例-3の位相シフトマスクの模式的な一部切断図である。

20 【図8】実施例-3の位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

【図9】実施例-4の位相シフトマスクの模式的な一部切断図である。

【図10】実施例-4の位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

【図11】実施例-5の位相シフトマスクの模式的な一部切断図である。

【図12】実施例-5の位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

30 【図13】図12に引き続き、実施例-5の位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

【図14】実施例-6の位相シフトマスクの模式的な一部切断図である。

【図15】実施例-6の位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

【図16】図15に引き続き、実施例-5の位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

40 【図17】従来のリム方式位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

【図18】図17に引き続き、従来のリム方式位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

【図19】従来の補助パターン方式位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

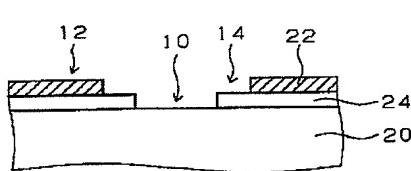
【図20】図20に引き続き、従来の補助パターン方式位相シフトマスクの作製方法を説明するための各工程における一部切断図である。

10 光透過領域
 10A 光透過領域形成予定領域
 12 遮光領域
 14 位相シフト領域
 16 補助パターン領域
 20 基板

* 22 遮光層
 24 位相シフト層
 30 感光層
 32 レジスト層
 34 帯電防止層
 *

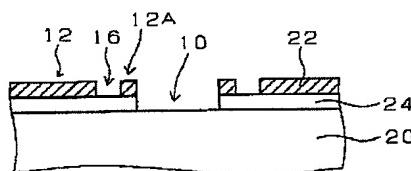
【図1】

【実施例-1の位相シフトマスク】



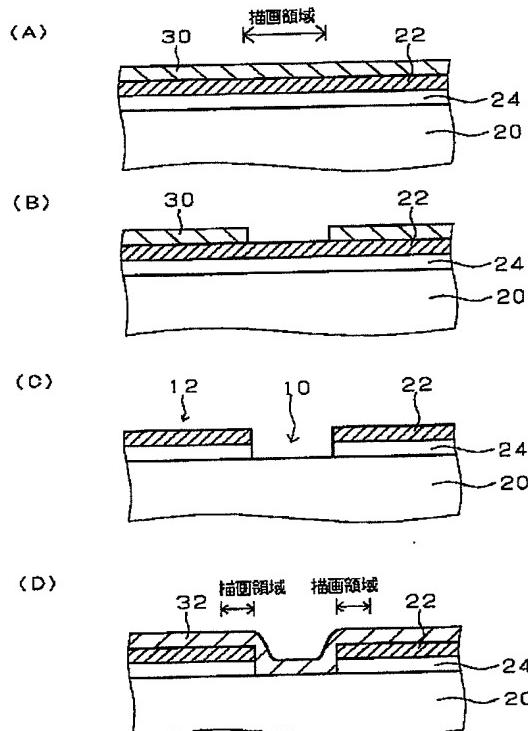
【図7】

【実施例-3の位相シフトマスク】



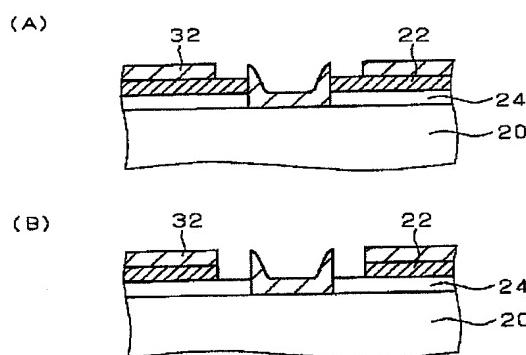
【図2】

【実施例-1の位相シフトマスクの作製工程】



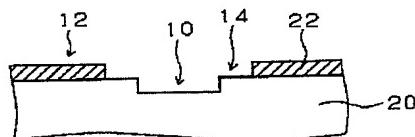
【図3】

【実施例-1の位相シフトマスクの作製工程】(続き)



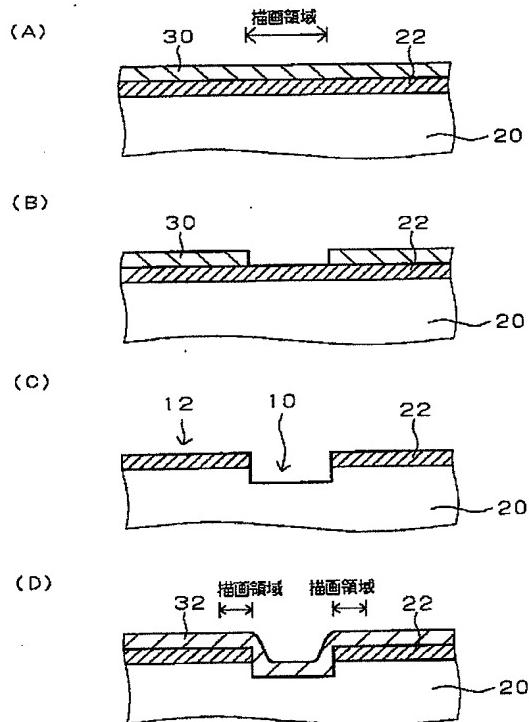
【図4】

【実施例-2の位相シフトマスク】



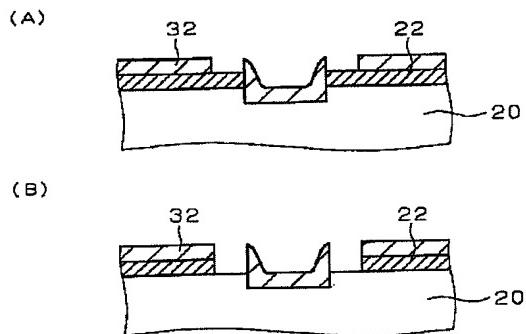
【図5】

[実施例-2の位相シフトマスクの作製工程]



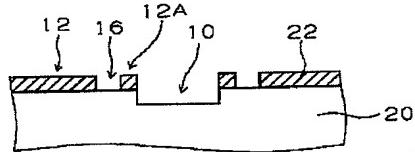
【図6】

[実施例-2の位相シフトマスクの作製工程] (続き)



【図9】

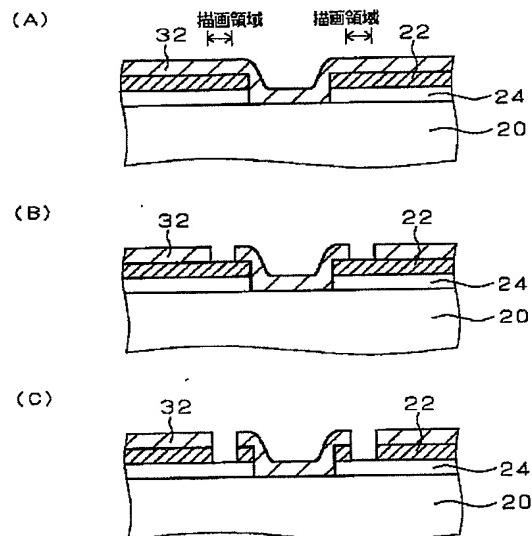
[実施例-4の位相シフトマスク]



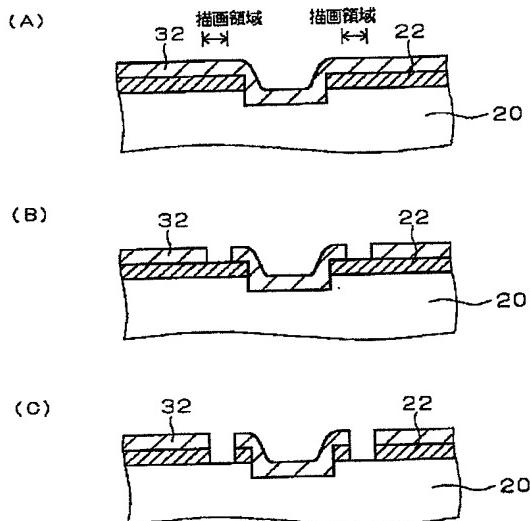
【図10】

【図8】

[実施例-3の位相シフトマスクの作製工程]

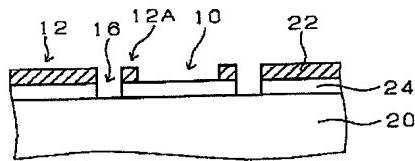


[実施例-4の位相シフトマスクの作製工程]



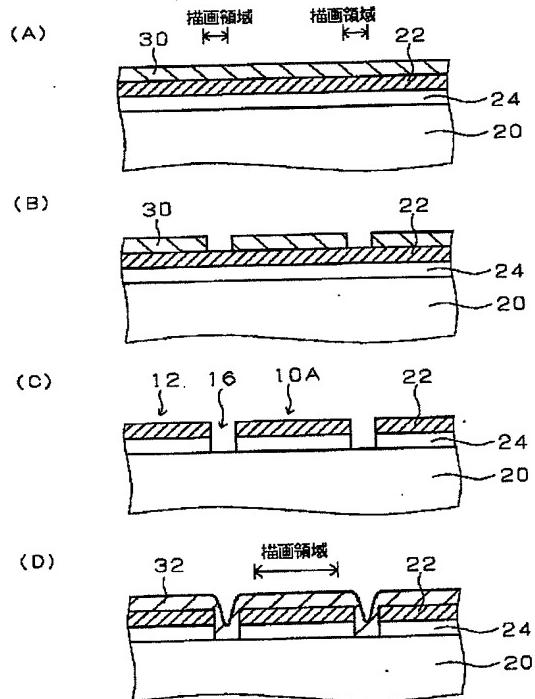
【図11】

【実施例-5の位相シフトマスク】



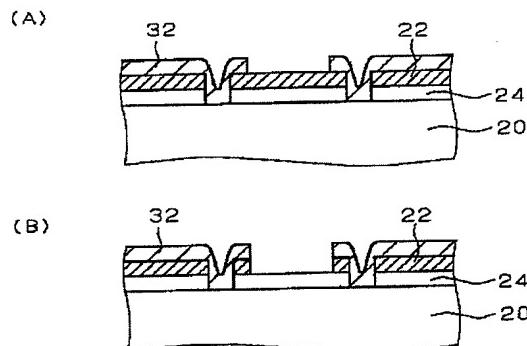
【図12】

【実施例-5の位相シフトマスクの作製工程】



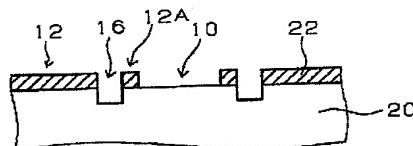
【図13】

【実施例-5の位相シフトマスクの作製工程】(続き)



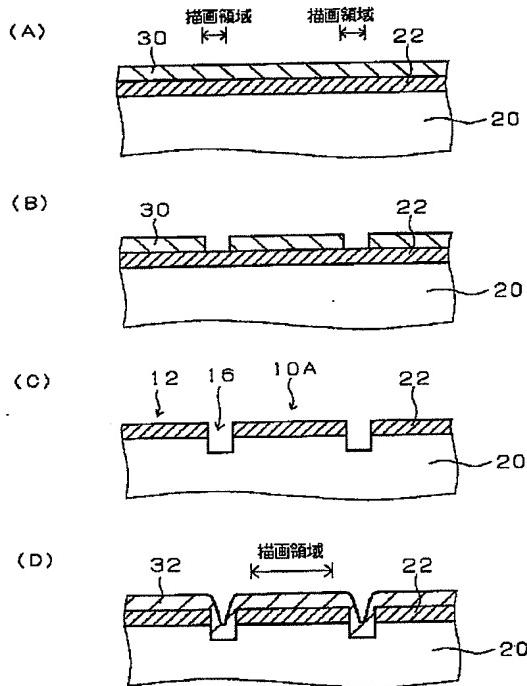
【図14】

【実施例-6の位相シフトマスク】



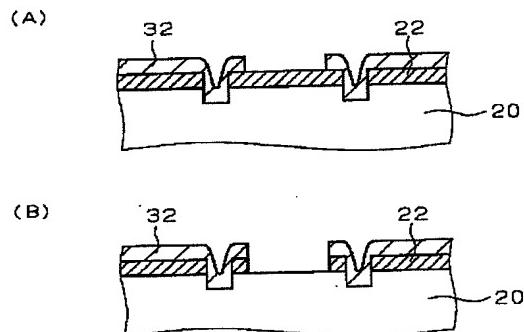
【図15】

[実施例-6の位相シフトマスクの作製工程]



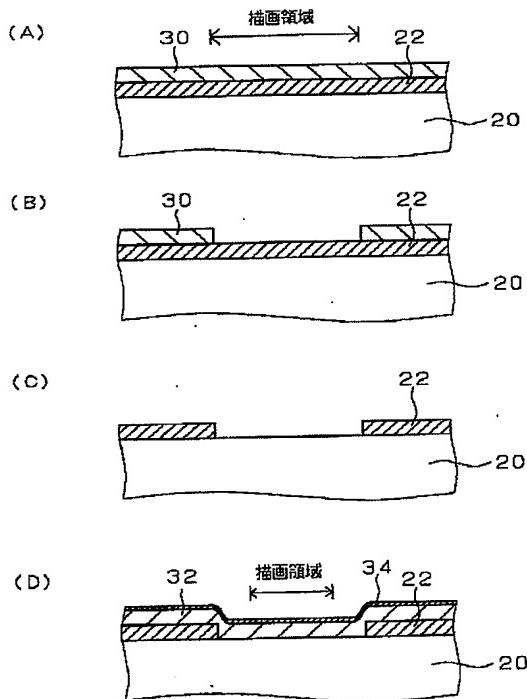
【図16】

[実施例-6の位相シフトマスクの作製工程] (続き)



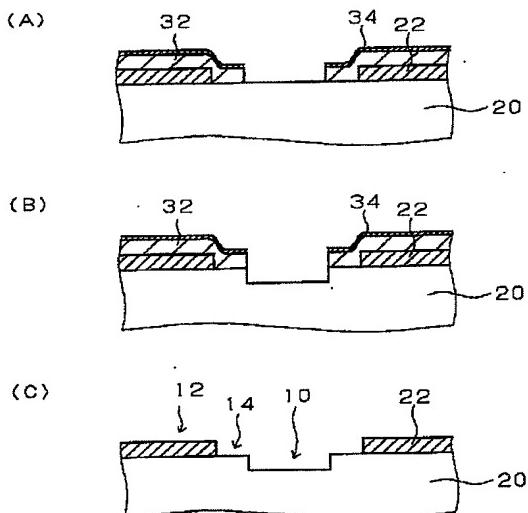
【図17】

[従来のリム方式位相シフトマスクの作製工程]



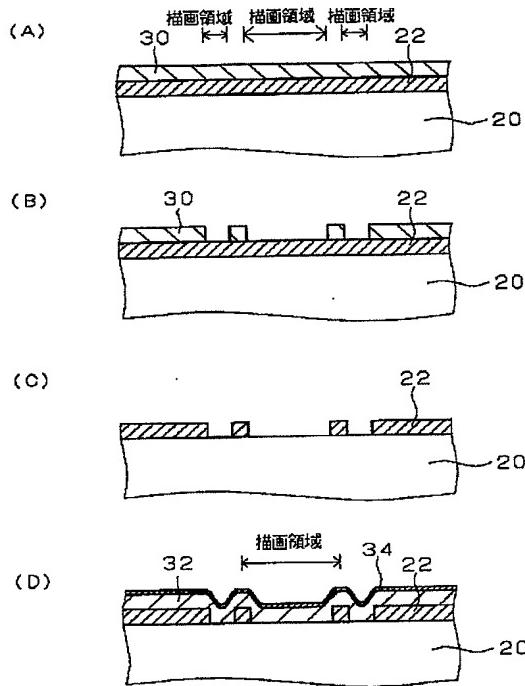
【図18】

[従来のリム方式位相シフトマスクの作製工程] (続き)



【図19】

〔従来の補助パターン方式位相シフトマスクの作製工程〕



【図20】

〔従来の補助パターン方式位相シフトマスクの作製工程〕（続き）

